WHEN TRUST MATTERS

Likström i distributionsnät

MVDC - Teknisk & Ekonomisk genomförbarhetsstudie

Lucas Thomée

den 8 juni 2023

Projektet finansieras av
Råd: Elnät, Vindkraft och Solel
Programmet: Risk- och tillförlitlighetsanalys 2021-2025

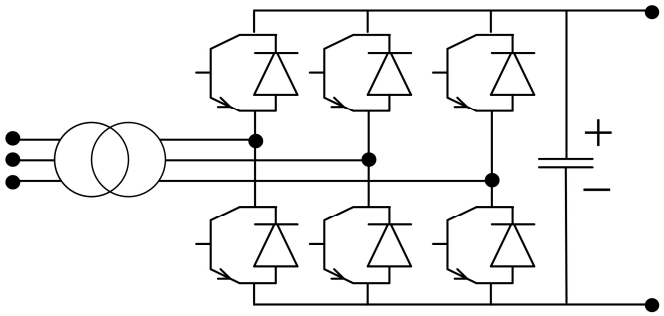
Agenda

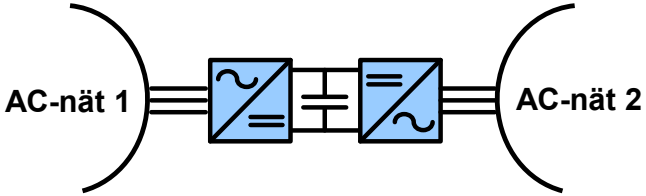
- Varför likström (DC)?
- Om MVDC-projektet
- Olika MVDC-koncept
- Avgränsningar i projektet
- Projekterfarenheter MVDC – Aktuella exempel
- Fallstudier – ett svenskt perspektiv

- Slutsatser och nästa steg

Varför likström? (DC)

- Likström (DC) användes i elektricitetens barndom (ca 1880-talet) men växelström (AC) tog snabbt över
- Idag finns en ökad mängd DC inom både produktion och konsumtion
- Möjlighet att konvertera AC-DC-AC via kraftelektronik
  - Frekvensomriktarens främsta fördel är möjlighet att styra aktiv- och reaktiveffekt oberoende av varandra
  - Kostnaden och ökade förluster är nackdelarna
- DC används främst idag inom högspänningsnät (HVDC)





Är det tekniskt möjligt och ekonomiskt fördelaktigt att tillämpa likström på mellanspänningsnivå? (MVDC)

Om MVDC-projektet

Teknisk och ekonomisk genomförbarhetsstudie – 2021-2022

Referensgrupp	
VATTENFALL	Vattenfall
Skellefteå Kraft	Skellefteå Kraft
kraftringen	Kraftringen
Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö	ESEM
ABB	ABB
Hitachi Energy	Hitachi Energy
Jämtkraft Elinorr	Jämtkraft & Elinorr
ELLEVIO	Ellevio
TRAFIKVERKET	Trafikverket

DNV

Projektteam
Ambra Sannino
Lucas Thomée
Daniel Karlsson
Henrik Hemark
Alexander Svensson

Energiforsk DNV

Rapportöversikt

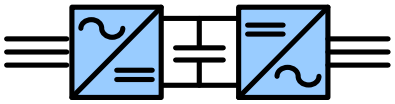
1. Introduktion
2. Varför likström (DC) och MVDC?
3. Nulägesanalys: Projekterfarenhet
4. Komponenter i ett DC-system
5. Reglering
6. Applikationer i distributionsnäten
7. Slutsatser, risker och rekommendationer

Rapporten finns tillgänglig på Energiforsks hemsida:
https://energiforsk.se/media/31680/mvdc-teknisk-och-ekonomisk-genomforbarhetsstudie-energiforskrapport-2022-880.pdf

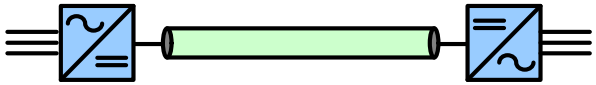
Olika MVDC koncept

MVDC = likström mellan 1,5 (±0,75) kV och 100 (±50) kV

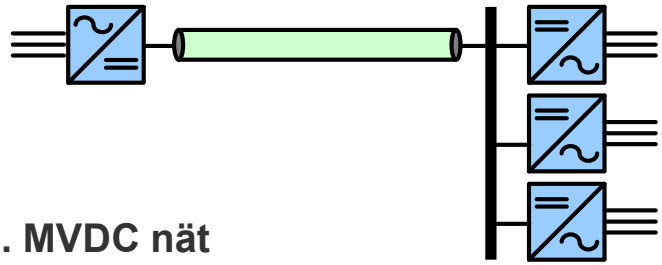
1. MVDC Back-to-Back (B2B)



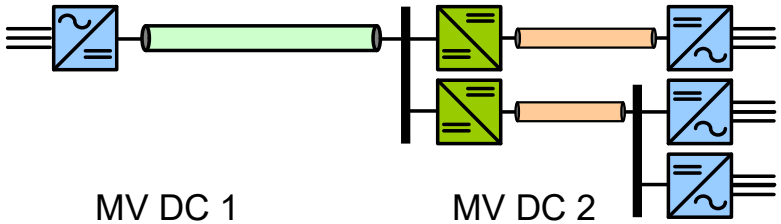
2. MVDC point-to-point (P2P)



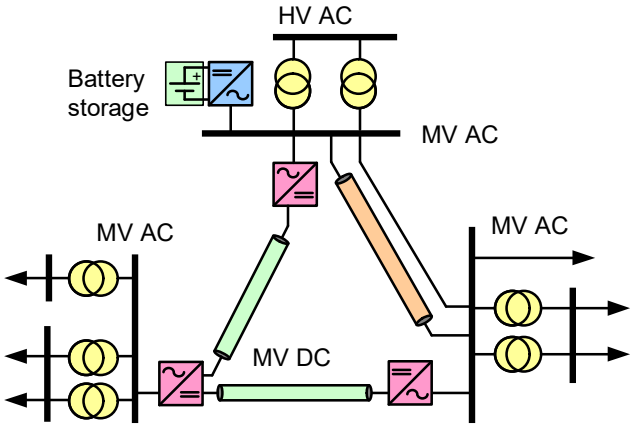
3. MVDC distribution (1 nivå)



4. MVDC distribution (fler än 1 nivå)



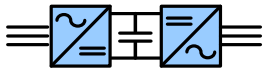
5. MVDC nät



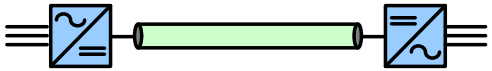
Avgränsningar i projektet

- Konfigurationer:
  - **B2B** och **P2P** är lämpliga att realiseras i närtid

Back-to-back (B2B)

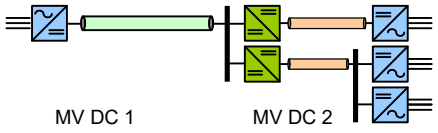


Point-to-point (P2P)

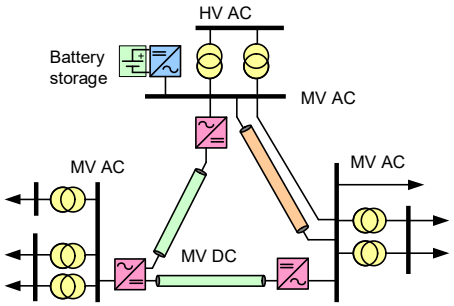


  - Mer komplexa konfigurationer kräver komponenter som inte är kommersiellt tillgängliga

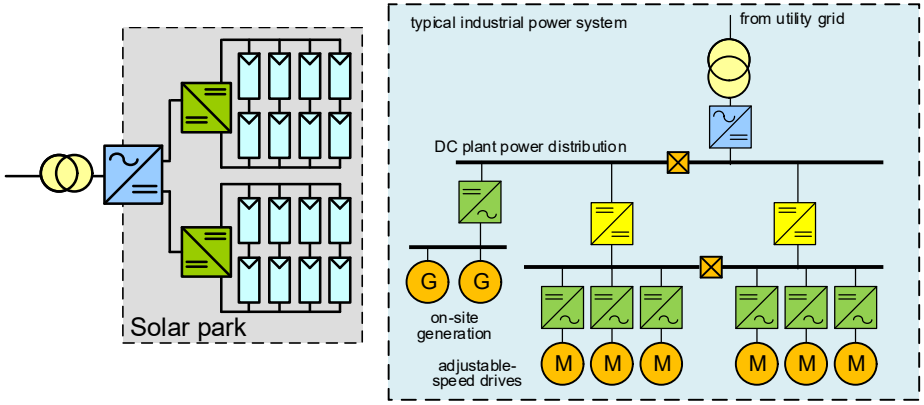
Radiell distribution med flera spänningsnivåer



Maskade nät



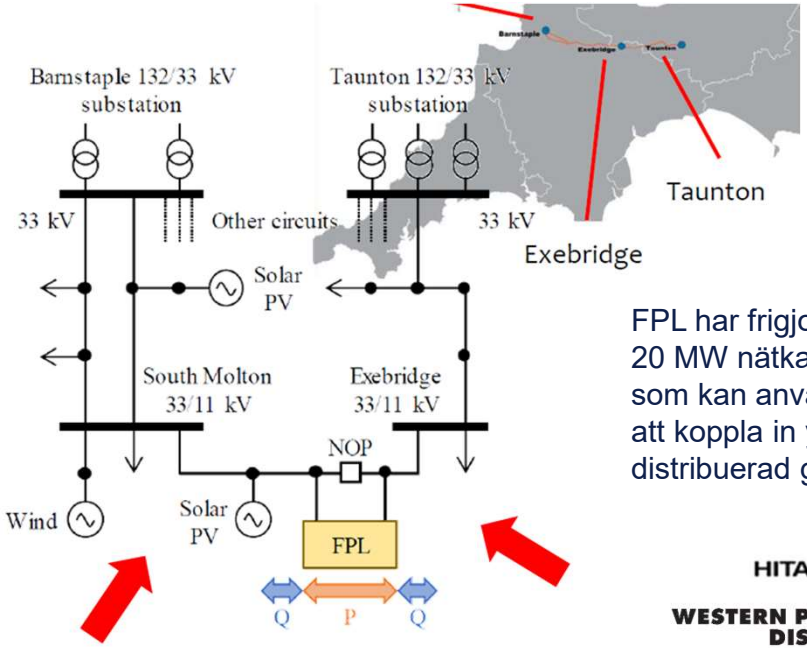
- Applikationer:
  - Fokus är på **MVDC för allmän distribution**
  - Applikationer i byggnader, datacenter, industrier, samt i vind-/solkraftsparker exkluderas
  - Tillämpning i dessa övriga applikationer kräver omfattande förändringar i apparaterna och förutsätter en överenskommelse mellan ännu fler aktörer



MVDC = likström mellan 1,5 (±0,75) kV och 100 (±50) kV

Projekterfarenheter MVDC – Aktuella exempel

- Flexibel Power Link (FPL): skapa flexibilitet i nätet via kombinerad spänning- och effektreglering (MVDC B2B)



FPL har frigjort upp till 20 MW nätkapacitet som kan användas till att koppla in ytterligare distribuerad generering

HITACHI ABB
WESTERN POWER DISTRIBUTION
Serving the Midlands, South West and Wales

- Angle-DC: nätförstärkning till ett avlägset område via ombyggnad av en befintlig 33kV-ledning till DC (MVDC P2P)

SP ENERGY NETWORKS
CARDIFF UNIVERSITY
PRIFYSGOL CAERDYDD

Energiforsk DNV

Kritiska komponenter för MVDC

Frekvensomriktare

Källa: Hitachi energy

- Två möjliga plattformar

PCS 6000

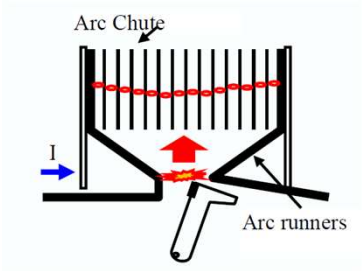
SFC Light

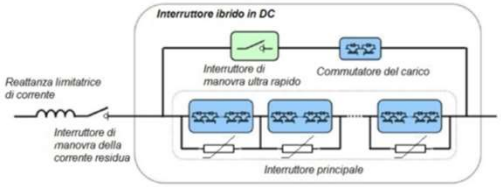
Hitachi Energy MVDC	PCS6000	SFC Light
DC-spänning vid likriktarstation AC-DC	±2,5 - 3 kV	Anpassningsbar
Aktiv effekt vid omriktarstation DC-AC	20 - 30 MW	>50 MW
Verkningsgrad (dubbla omriktare)	0,97	0,96 (utan DC-länk)
Projekterfarenhet MVDC	Pilotprojekt FPL Exbridge	Nej
Fälterfarenhet, andra applikationer	Flertal kommersiella projekt inom en rad applikationer sedan 1998	Inom järnväg (banmatning) och pumpvattenkraft (B2B), även STATCOM (AC/DC)
Skalbarhet	Monolitisk, ej skalbar	Modulär, skalbar i spänning

Brytare

Källa: ABB

- ingen naturlig nollgenomgång i felströmmen
  - traditionella AC-brytare fungerar inte
- Alternativ:
  - Seriekoppling av konventionella AC brytare
  - Mekanisk brytare med släcklameller
  - Hybridbrytare
  - Kombination av konventionell brytare och omriktarstyrning





Fallstudier

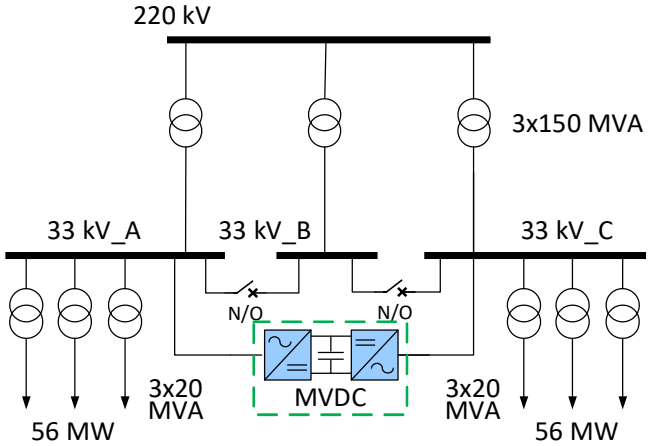
- Metodik:

- 3 fallstudier analyserades: två i tätort, ett i landsbygd
- Jämförelse av fördelar, begränsningar, risker, förluster, tillgänglighet, footprint, kostnad och påverkan på intäktsram

Fallstudie A – tätort

Problem: Höga kortslutningsströmmar

- MVDC-B2B löser samtliga problem i fallstudie A
- Rimligt att få på plats inom tidshorisonten för pilot
  - + Ökad tillgänglighet, styrbarhet i effekt och spänning, störst incitament från ekonomiska värderingen.
  - - Stort behov av yta

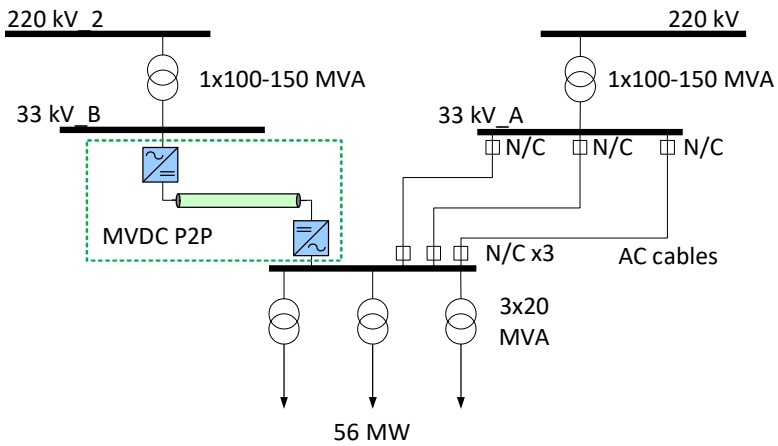


	AC-lösning 1: Seriereaktans	AC-lösning 2: Stations-uppgradering	DC-lösning 1: MVDC-B2B	DC-lösning 2: DC-brytare
Beskrivning	Kortslutnings-strömmarna begränsas med hjälp av seriereaktanser.	All utrustning i 220/33 kV stationen och 33 kV nätet uppgraderas.	B2B-omriktare installeras mellan samlingsskenor A och C.	Brytarna mellan skenorna A/B och B/C byts ut mot DC-brytare.
Fördelar	Kortslutnings-strömmarna begränsas Teknologin är väl beprövad. Inga tekniska risker. Inga andra ändringar krävs, som exempelvis i skyddsfunktionerna.	Ökad kortslutnings-förmåga i all utrustning som uppgraderas. Teknologin är väl beprövad, inga tekniska risker Inga andra ändringar krävs.	Parallell drift möjliggörs, högre tillgänglighet Ökad styrbarheten i spänning och effekt mellan de två olika systemen. Begränsat bidrag till kortslutningseffekt	Parallell drift möjliggörs, högre tillgänglighet Inget bidrag till kortslutningseffekt
Begränsningar & Risker				
Förluster				
Tillgänglighet				
Footprint				
Kostnad (CAPEX)				
Påverkan på intäktsram				

Fallstudie B – tätort

Problem: Höga kortslutningsströmmar + risk för transsportströmmar

- MVDC-P2P löser samtliga problem i fallstudie B och mest fördelaktig, speciellt om avståndet är långt
  - + Ökad tillgänglighet, minskade förluster, ingen risk för transportströmmar, positivt affärsfall.
  - - Stort ytbehov

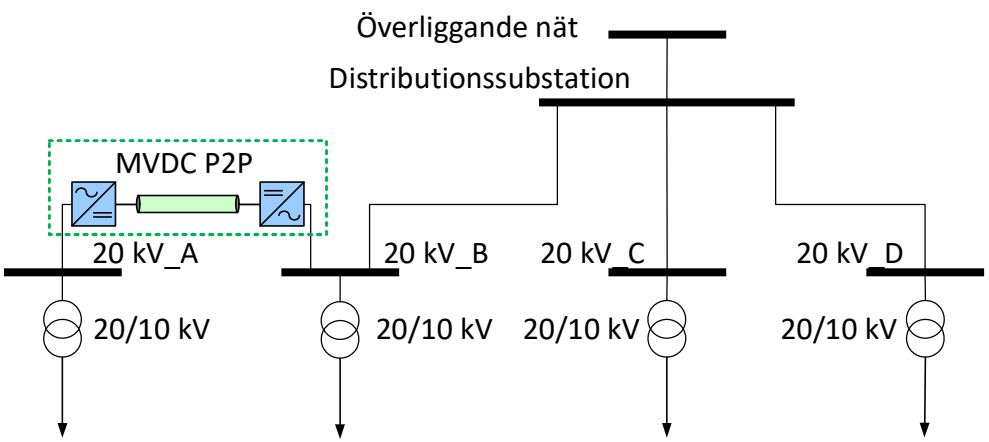


	AC-lösning 1: Seriereaktans	AC-lösning 2: Uppgradering	DC-lösning 1: MVDC-P2P	DC-lösning 2: MVDC-B2B
Beskrivning	Seriereaktanser installeras på nedsidan av transformatorerna i båda stationerna.	All utrustning i 220/33 kV-stationerna och 33 kV-nätet uppgraderas.	En P2P-länk installeras för att koppla samman de två separata stationerna.	B2B-omriktare installeras på ändan av 33-kV kablarna för att sammankoppla stationerna.
Fördelar	Kortslutnings-strömmarna begränsas Teknologin är väl beprövad, inga tekniska risker Inga andra ändringar krävs, som exempelvis i skyddsfunktionerna	Ökad kortslutnings-förmåga i all utrustning. Teknologin är väl beprövad, inga tekniska risker Inga andra ändringar krävs	Parallell drift möjliggörs, högre tillgänglighet Ökad styrbarheten i spänning och effekt mellan de två olika systemen Begränsat bidrag till kortslutningseffekt	Parallell drift möjliggörs, högre tillgänglighet Inget bidrag till kortslutningseffekt
Begränsningar & Risker				
Förluster				
Tillgänglighet				
Footprint				
Kostnad (CAPEX)				
Påverkan på intäktsram				

Fallstudie C – landsbygd

Problem: Spänningsfall och förluster

- I detta specifika fall är kombinationen av effekt och längd på ledning inte gynnsamt för MVDC-P2P.
- Affärsfallet för MVDC verkar vara svårt när tillgängligheten inte är kritisk, som vid distribution på landsbygden.



	AC-lösning 1: Uppgradering av ledning	AC-lösning 2: Shunt-kompensator	DC-lösning 1: P2P-enkel	DC-lösning 2: P2P-parallell
Beskrivning	Ledningssträckan uppgraderas med större ledningsarea	Kompensering av reaktiv effekt installeras vid slutet av ledningen Kan vara styrbar kompensering (liten SVC / STATCOM)	En ledning ersätts med MVDC P2P	En parallell P2P-länk installeras
Fördelar	Enkel lösning med få tekniska risker, minskade förluster och spänningsfall Möjliggör anslutning av ytterligare laster	Minskat spänningsfall och förluster Etablerad teknik och ökad styrbarhet för att möta ökat antal anslutningar	Lägre förluster i ledningen och spänningsreglering vid slutet av ledningen	Minskade förluster och spänningsfall Ökad tillgänglighet Ökad styrbarhet
Begränsningar & Risker				
Förluster				
Tillgänglighet				
Footprint				
Kostnad				

Slutsatser

- **Ett antal problem i dagens distributionsnät kan lösas genom att använda MVDC**
  - Tekniskt gångbara lösningar finns idag
  - Behovet av kostnadsoptimering av produkter för användning inom MVDC är stort

- Fallstudierna för MVDC i **tätort** visar att:
  - största fördelen är **ökad tillförlitlighet**
  - största riskerna är **ytbehov** (begränsat utrymme i stationerna) och hög **kostnad**

- Fallstudierna för **landsbygd** visar att:
  - För lokalnät finns ingen större vinning med MVDC (mer lämpliga fall kan finnas inom regionnät)
  - Ledningssträckorna är för korta. Det saknas lämpliga produkter inom detta spännings- och effektområde

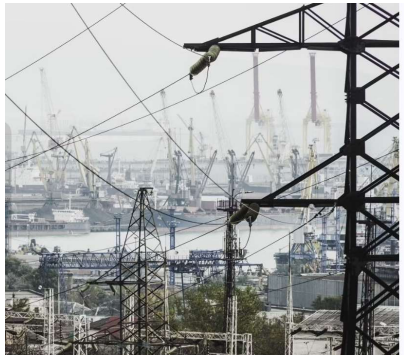
- **Sammanfattningsvis rekommenderas fortsatt arbetet med applikationerna i <u>tätort</u>**

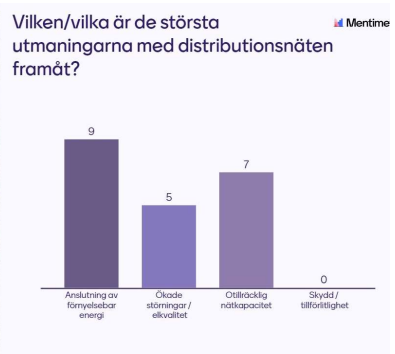
Förslag på nästa steg

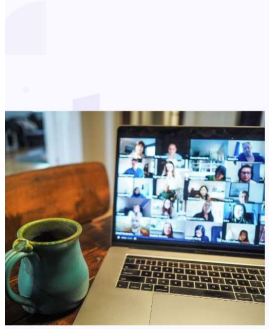
Vad?	Varför?
Starta ett MVDC-forum eller -nätverk för DC-applikationer i distributionsnät	- Fortsätta utveckla och sprida kunskap - Stärka kompetensen hos nätbolag
Ta fram förslag på pilot-/demonstrationsanläggning	- Testa och utvärdera tekniken i Sverige - Identifiera och hantera risker
Göra motsvarande studie om applikationer på lågspänningsnivå (LVDC)	- Troligtvis större intresse från marknaden - Lägre tröskel till användning
Studera flera applikationer av MVDC för industrinät, solparker, vindparker, m.m.	- Troligtvis större vinster - Kräver samverkan mellan olika aktörer

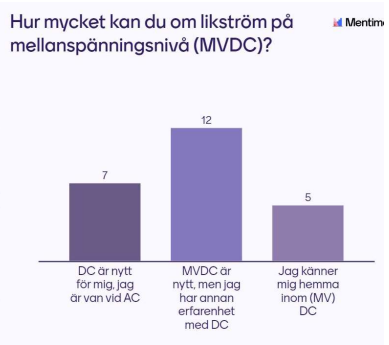
Webbinarium 2023-05-23

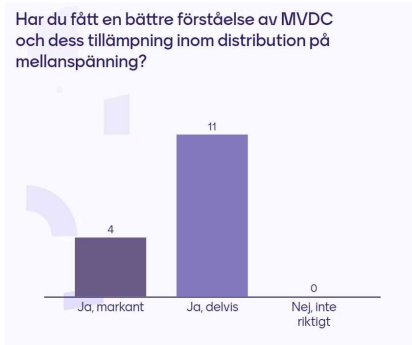
- Presentationer, paneldebatt och diskussioner.
- Presentatörer från:
  - Siemens Energy
  - Hitachi Energy
  - ABB
  - Scibreak

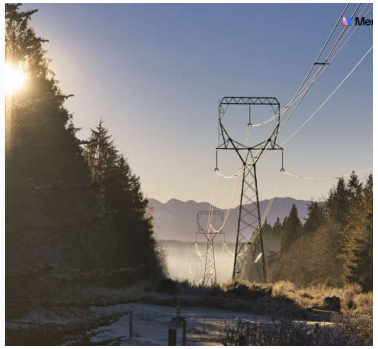












WHEN TRUST MATTERS

Tack!

Lucas Thomée
Lucas.Thomee@dnv.com
+46 76 245 5798

Ambra Sannino
Ambra.Sannino@dnv.com
+46 72 362 6666

www.dnv.com

DNV